

⑫ 公開特許公報(A) 平4-184575

⑤ Int. Cl.⁵G 06 F 15/70
15/66

識別記号

4 1 0

庁内整理番号

9071-5L
8420-5L

⑬ 公開 平成4年(1992)7月1日

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全14頁)

⑭ 発明の名称 時系列画像の輪郭線対応方法および装置

⑰ 特 願 平2-314565

⑱ 出 願 平2(1990)11月20日

⑲ 発 明 者 清水 誠 也 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内⑲ 発 明 者 塩 原 守 人 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑳ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉑ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞一 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

時系列画像の輪郭線対応方法および装置

2. 特許請求の範囲

1) 時系列画像中の連続する2フレームについて、対応する閉領域を形成する輪郭線を多角形近似し、この多角形を形成する線分同士に対応を求め、前記2フレームのうち前フレームの線分に対して後フレームの線分が対応しないときには、この後フレームの対応しない線分に対応する輪郭線部分を前フレームの前記線分に対応する輪郭線部分の多角形近似と同じ数の頂点を有する多角形近似とすることを特徴とする時系列画像の輪郭線対応方法。

2) 後フレームの対応しない線分に対応する前記輪郭線部分の多角形近似の前記頂点の位置を、前フレームの前記線分に対応する輪郭線部分とその輪郭線上の各頂点によって分割されている輪郭線の長さの比と同じ比となるように定めることを特徴とする請求項1記載の時系列画像の輪郭線対応方法。

3) 時系列画像中の連続する2フレームについて、対応する閉領域を形成する輪郭線を多角形近似してこの各頂点間の各線分が対応するようにし、この対応する線分に対応する輪郭線上にそれぞれ分割端点を設けて2分割してこの分割端点と前記対応する線分の一方の端点とを結んで第1線分とし、この分割端点と前記対応する線分の他方の端点とを結んで第2線分とし、前記2フレームの各前記第1線分の特徴量の差と各前記第2線分の特徴量の差が共に小さくなるように前記分割端点の位置を決定し、このような分割を繰り返して前フレームと後フレームの各線分の対応付けを行うことを特徴とする時系列画像の輪郭線対応方法。

4) 時系列画像中の連続する2フレームを入力しそれぞれのフレームの閉領域ごとにラベル付けしたラベル画像を生成する画像入力部(I)と、このラベル画像を入力して対応する閉領域のラベルを同じラベルとした対応付けラベル画像を生成するフレーム閉領域対応部(II)と、この対応付けラベル画像を入力すると共に、前記閉領域を形成する輪郭

線を多角形近似してこの多角形を形成する線分の対応づけする処理の制御を行う輪郭線対応制御部(3)と、この輪郭線対応制御部(3)より前記対応付けラベル画像を入力し、前記輪郭線の座標値を出力する輪郭線情報抽出部(4)と、前記輪郭線の座標値を入力して前記輪郭線を多角形近似し、この多角形近似を形成する前記2フレームの各線分の対応付けを行う粗対応処理部(5)と、この粗対応処理部(5)で前記2フレームの対応付けした各線分につき、この線分の対応する輪郭線を2分割してその分割端点と各線分の両端点の一方の端点とを結ぶ第1線分と、その分割端点と各線分の両端点の他方の端点とを結ぶ第2線分を前記2フレーム間でそれぞれ対応させ、このように分割を繰り返して多角形近似を行う細分化処理部(6)とを備え、この細分化処理部(6)の出力を前記輪郭線対応制御部(3)を介して出力することを特徴とする時系列画像の輪郭線対応装置。

3. 発明の詳細な説明

(目次)

この多角形を形成する線分同士に対応を求め、前記2フレームのうち前フレームの線分に対して後フレームの線分が対応しないときにはこの後フレームの対応しない線分に対応する輪郭線部分を前フレームの前記線分に対応する輪郭線部分の多角形近似と同じ数の頂点を有する多角形近似とするよう構成する。また、時系列画像中の連続する2フレームについて、対応する閉領域を形成する輪郭線を多角形近似してこの各頂点間の各線分が対応するようにし、この対応する線分に対応する輪郭線上にそれぞれ分割端点を設けて2分割してこの分割端点と前記対応する線分の一方の端点とを結んで第1線分とし、この分割端点と前記対応する線分の他方の端点とを結んで第2線分とし、前記2フレームの各前記第1線分の特徴量の差と各前記第2線分の特徴量の差が共に小さくなるように前記分割端点の位置を決定し、このような分割を繰り返して前フレームと後フレームの各線分の対応付けを行うよう構成する。また、時系列画像中の連続する2フレームを入力しそれぞれのフレ

概要

産業上の利用分野

従来の技術

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段

作用

実施例

発明の効果

(概要)

時系列画像中の連続する2フレーム中の閉領域を形成する輪郭線を多角形近似し、この多角形を構成する線分につき2フレーム間の対応付けを行う方法および装置に関し、

時系列画像中の連続する2フレーム中の閉領域を形成する輪郭線を多角形近似した線分が前記2フレーム間で必ず対応するようにし、さらにこの多角形近似による多角形を細分化する方法および装置を提供することを目的とし、

時系列画像中の連続する2フレームについて対応する閉領域を形成する輪郭線を多角形近似し、

ームの閉領域ごとにラベル付けしたラベル画像を生成する画像入力部と、このラベル画像を入力して対応する閉領域のラベルを同じラベルとした対応付けラベル画像を生成するフレーム間領域対応部と、この対応付けラベル画像を入力すると共に、前記閉領域を形成する輪郭線を多角形近似してこの多角形を形成する線分の対応づけする処理の制御を行う輪郭線対応制御部と、この輪郭線対応制御部より前記対応付けラベル画像を入力し、前記輪郭線の座標値を出力する輪郭線情報抽出部と、前記輪郭線の座標値を入力して前記輪郭線を多角形近似し、この多角形近似を形成する前記2フレームの各線分の対応付けを行う粗対応処理部と、この粗対応処理部で前記2フレームの対応付けした各線分につき、この線分の対応する輪郭線を2分割してその分割端点と各線分の両端点の一方の端点とを結ぶ第1線分と、その分割端点と各線分の両端点の他方の端点とを結ぶ第2線分を前記2フレーム間でそれぞれ対応させ、このように分割を繰り返して多角形近似を行う細分化処理部とを

備え、この細分化処理部の出力を前記輪郭線対応制御部を介して出力するよう構成する。

〔産業上の利用分野〕

本発明は、時系列画像中の連続する2フレーム中の閉領域を形成する輪郭線を多角形近似し、この多角形を構成する線分につき2フレーム間の対応付けを行う方法および装置に関する。

一般にアニメーションの作成には物体の動作を一定時間間隔にずらして描いた静止画（セル画）が多量に必要である。セル画の元になる輪郭線画は全て手作業で描かれているため人件費が高いものとなっている。ところで、2つのフレーム間の輪郭線区間の対応を求めておくと、輪郭線形状のフレーム間での変形を抽出することができるため、2フレームの中間画像が作成できる。これを利用して物体の動作が大きく変化するフレームをアニメータが描き、これらのフレーム間に中間画像を内挿することでキーフレームアニメーションを作成することができるようになる。

〔従来の技術〕

時系列中で連続した2フレーム（前フレーム、後フレーム）の多角形近似による特徴点（頂点）の抽出が終了したのちに近似線分の対応処理が行われる。対応処理を行うために、先ず近似線分毎に特徴量を抽出し、前フレーム中の近似線分 i と後フレーム中の近似線分 j の類似性を表す類似度 $S(i, j)$ を2つの近似線分の特徴量を基に計算する。 $S(i, j)$ は近似線分の特徴量の差が小さいほど大きい値になるように設定しているため、近似線分の対応は次式の評価関数 E を最大化するように近似線分 j に対応する近似線分 i を選択することにより行われる。

$$E = \sum_{j=1}^{J_1} S(i, j)$$

但し、 J_1 は後フレーム中の近似線分数を表している。近似線分のフレーム対応が既知であるとき、フレーム間で対応する近似線分の端点に挟まれる輪郭線区間がそれぞれフレーム間で対応する輪郭線区間として記録される。

〔発明が解決しようとする課題〕

従来技術では輪郭線を分割する特徴点として輪郭線を多角形近似したときの頂点を用い、輪郭線区間として多角形近似したときの近似線分の端点により挟まれた区間を用いる。したがって輪郭線区間の対応処理は、近似線分の対応処理と同義である。

輪郭線の多角形近似の手法として分割法がある。これは第3図(a)に示すように、閉領域の輪郭線上に多角形近似の基準点となる頂点を1つ定め、この頂点から最も離れた輪郭線上の点を多角形近似の頂点として輪郭線を2つに分割する。次に(b)に示すように2つの頂点に挟まれた輪郭線区間上の点のうち、2つの頂点を結ぶ直線との距離が最大となる点を多角形近似の新たな頂点とし、この頂点で輪郭線区間を更に分割する。分割された全ての輪郭線区間に対して同様の分割処理を(c)に示すように再帰的に実施し、(d)に示すように隣合う頂点を結んだ近似線分と輪郭線との最大距離が一定の許容近似誤差（最大距離の閾値）以下となったときに処理を終了する。

上述した従来技術ではフレーム毎に独立に特徴点を抽出したのち、それらにより分割される輪郭線区間の対応を行っている。そのため、第4図に示すように後フレーム中の輪郭線区間に対応する区間が前フレーム中に存在するとは限らない。対応する区間が存在しない場合には、その区間がフレーム間で対応しないだけでなく、他の区間対応に関しても悪影響を与えるため、誤対応が生じやすくなっている。

本発明は、上述の問題点に鑑みてなされたもので、時系列画像中の連続する2フレーム中の閉領域を形成する輪郭線を多角形近似した線分が前記2フレーム間で必ず対応するようにし、さらにこの多角形近似による多角形を細分化する方法および装置を提供することを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

第1A図、第1B図は本発明の方法の発明の原理説明図である。方法の発明は、大まかな対応区間を定める粗対応処理方法と、対応区間を更に細分化する細分化処理方法に分けられる。

(1)粗対応処理方法

第1A図(向)に示すようにまず前フレームと後フレーム中の領域から輪郭線を抽出し、この輪郭線に対して許容近似誤差 δp を十分大きく設定した分割法による粗い多角形近似を行う。次に前フレームの近似線分 i と後フレームの近似線分 j の特徴量を抽出し、それらの線分の類似性を表す類似度 $S(i, j)$ を計算する。 $S(i, j)$ は $(0, 1)$ の実数値を採るように正規化されており、特徴量の差が小さいほど大きい値を採るように設定する。近似線分の対応 P の決定は、次式の評価関数 E を最大化する線分 j に対応する線分 i を選択することで行われる。

$$E = \sum_{j=1}^J S(i, j)$$

$P = \{ (i, j) \mid j = 1, \dots, J; i \text{ は } i \text{ に対応する前フレーム中の近似線分} \}$

前フレームと後フレームの近似線分の対応には誤対応が含まれる可能性が大きいので、(向)に示すように対応 P を類似度の閾値 (S_t) を用いて確か

$$P \leftarrow P \cup \{ (i', j') \}$$

j' の端点となる仮特徴点は、隣接する特徴点及び仮特徴点により区切られた輪郭線区間に存在可能であり、仮近似線分 j' とそれに対応する前フレーム中の近似線分 i' との特徴量の差が小さくなる方向に移動するものとする。仮特徴点の移動はそれぞれの点毎に独立に行われ、移動が停止したとき仮特徴点の位置を特徴点の位置として確定する。

(2)細分化処理方法

2フレーム間の輪郭の近似線分対応と特徴点位置が全て求められ、粗対応処理が終了したのち、近似線分の端点に挟まれる輪郭線区間の細分化処理が行われる。 P 中の任意の要素 (i, j) について、前フレームの近似線分 i と i の端点 V_{i1}, V_{i2} により挟まれた輪郭線との最大距離 d を抽出し、この d が許容近似誤差 δf ($\delta f < \delta p$)より大きい時に、最大距離となる点 V_{jd} を特徴点とする。そして、 V_{i1} と V_{jd} を結んだ近似線分を i_1 、 V_{jd} と V_{i2} を結んだ近似線分を i_2 とする。次

らしい対応のみに絞り込む。

$$P \leftarrow \{ (i, j) \mid S(i, j) > S_t; (i, j) \in P \}$$

前フレームの多角形近似の頂点、及び、仮対応 P に関与している後フレーム中の線分の端点(多角形近似の頂点)は、それぞれのフレーム中の輪郭線を分割する特徴点になる(図中○で表示)。後フレーム中の輪郭線のうち前フレームの近似線分と対応しなかった区間については、前フレーム中の特徴点に対応する仮特徴点を定める。これを(向)図の黒めりの四角で示す。この仮特徴点の初期位置は、仮特徴点により分割される輪郭線区間の長さの比と、前フレームで特徴点により分割される輪郭線区間の長さの比が等しくなるように設定される。前フレームの特徴点数と後フレームの特徴点と仮特徴点数の合計は等しく、後フレーム中で隣接する特徴点及び仮特徴点を結んで生成される仮近似線分は、その位置関係により前フレーム中でどの近似線分と対応するかが自明であるため、その対応関係 (i', j') を P に追加する。

に、後フレームの近似線分 j の端点 V_{j1}, V_{j2} により挟まれた輪郭線区間に仮特徴点 V_{jd} を設定する。これを第1B図(向)の黒めり四角で表す。 V_{j1} と V_{jd} を結んだ近似線分を j_1 、 V_{jd} と V_{j2} を結んだ近似線分を j_2 として、 $(i_1, j_1), (i_2, j_2)$ が対応するものとする。そして P に対して次の操作を加える。

$$P \leftarrow P \setminus \{ (i, j) \} \cup \{ (i_1, j_1), (i_2, j_2) \}$$

但し、 \setminus は集合差演算を表し \setminus の左の集合 P より \setminus の右の集合の要素を除去する演算子を示す。 P に対してこの操作を行ったのち、 V_{jd} の位置決定を行う。 V_{jd} の位置決定は、 i_1 と j_1 の特徴量の差と i_2 と j_2 の特徴量の差が共に小さくなるように V_{jd} を移動させて、移動が停止した位置の値を V_{jd} の値として確定することで行われる。 P の任意の要素 (i, j) について、 $d < \delta f$ が成り立つまでこの処理を繰り返す。

以上の処理が終了した結果、前フレームおよび後フレームでは(向)示すように特徴点を頂点とする

多角形は近似線分と輪郭線の最大距離が $d/2$ 以下の近似多角形となる。また、前フレームと後フレームの近似線分の対応する関係は全てPに記述されている。近似線分 $i(j)$ の端点により挟まれている輪郭線区間を近似線分と同じ記号 $i(j)$ で表すと、近似線分対応Pは同時に輪郭線区間対応も表していることになる。

第2図は本発明の装置の原理図を示す。同図において、1は画像入力部で、時系列画像中の連続する2フレームを入力し、それぞれのフレームの開領域ごとにラベル付けしたラベル画像を生成する。2はフレーム間領域対応部で、前記ラベル画像を入力して対応する開領域のラベルを同じラベルにする。3は輪郭線対応制御部でこの対応付けラベル画像を入力すると共に、前記開領域を形成する輪郭線を多角形近似してこの多角形を形成する線分の対応づける処理に対する制御を行う。4は輪郭線情報抽出部で前記対応付けラベル画像を入力し、前記輪郭線の座標値を出力する。5は粗対応処理部でこの輪郭線座標値を入力して輪郭

線を多角形近似し、この多角形近似を形成する前記2フレームの各線分の対応付けを行う。6は細分化処理部で前記2フレームの対応付けした各線分につき、この線分の対応する輪郭線を2分割してその分割端点と各線分の両端点の一方の端点とを結ぶ第1線分と、その分割端点と各線分の両端点の他方の端点とを結ぶ第2線分を前記2フレーム間でそれぞれ対応させ、このように分割を繰り返して多角形近似を行い、その処理結果を前記輪郭線対応制御部3を介して出力する。

〔作用〕

粗対応処理においては、特徴点によって分割した輪郭線区間の対応が類似度の閾値以上となるものだけを対応結果として採用し、それ以外の対応結果は破棄する。このような対応しなかった輪郭線区間は、前フレーム輪郭線区間と対応するように再分割される。そのため、分割された輪郭線区間は2フレーム間で対応関係が明らかであり、対応が存在しないような輪郭線区間は存在しなくなる。しかし、粗対応処理での輪郭線の分割結果は

粗いものであるため、細分化処理でより細かい輪郭線区間分割する。粗対応で予め対応する輪郭線区間が既知であるため、区間を順次2分割することで輪郭線区間の細分化を行える。さらに、この2つの細分化された輪郭線区間は分割点となった特徴点の前後どちらに存在するかで、2フレーム間で対応する輪郭線区間を判定することができるため、細分化処理と同時に輪郭線区間対応を容易に得ることができる。

また、上記の処理を実現する装置においては、時系列画像中の連続する画像aと画像bを入力して開領域をラベル付けし、フレーム間領域対応部2でこの画像aと画像bの対応する開領域のラベルを同じラベルとし、輪郭線情報抽出部4でこの同じラベル付けした輪郭線の座標値を出力する。この座標値に基づいて粗対応処理部5では輪郭線部を多角形近似し、この多角形近似を形成する画像a、画像bの各線分が互いに対応付けされるようにする。細分化処理部6はこの対応付けされた各線分につき、この線分に対応する輪郭線を2分

割して画像a、画像bの各分割線分を対応させながら分割を繰り返し細分化を行い所定の細分化を実施すると出力する。輪郭線対応制御部3は輪郭線情報抽出部4、粗対応処理部5、細分化処理部6の制御を行う。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。

本実施例は第2図で示した本発明の装置原理図の具体的内容を説明したものである。

第2図において、画像入力部1は、カメラ等の画像入力装置によって画像aと画像bを読み込む。画像aと画像bはそれぞれ開領域毎にラベルが付加されたラベル画像F_a、F_bに変換され、F_a、F_bをフレーム間領域対応部2に送る。

フレーム間領域対応部2は、ラベル画像F_a、F_b中のラベル領域の対応を決定し、対応したラベル領域に同じラベルを付加する。第5図はフレーム間領域対応部2の詳細構成を示し、ラベル画像格納部21、領域特徴抽出部22、領域特徴格納部

23、類似度作成部24、領域対応処理部25、ラベル画像書換え部26から構成され、画像入力部1から入力されたF a、F bはラベル画像格納部21中の格納部21aと格納部21bにそれぞれ格納される。領域特徴抽出部22は格納部21aと格納部21bを参照し、F a、F bの各ラベル領域毎の領域特徴を抽出して領域特徴格納部23に格納する。抽出する領域特徴は、面積、周囲長、複雑度、チェインコード・ヒストグラム、重心位置、慣性主軸方向の6種類である。面積はフレームメモリ上のラベル領域の画素数、周囲長はラベル領域の輪郭線上の画素数、複雑度は周囲長の2乗を面積で割った値、チェインコード・ヒストグラムは慣性主軸方向を画像の縦軸に一致させたときのラベル領域の輪郭を8方向のチェインコードで表して0～7のコード毎に累積した度数表、重心位置はラベル領域の重心のフレームメモリ上の座標値、慣性主軸方向はラベル領域の慣性主軸と画像の横軸とがなす反時計回りの角度とする。領域特徴抽出部22は、格納部21aに格納されているF aの領域特徴を領域

表される。

$$F = \sum_{l=1}^{Ll} R(k, l) \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = \{(k, l) \mid l = 1, \dots, Ll\}$$

kはラベルl領域に対応するF a中の領域ラベル) \dots\dots\dots (2)

ラベル領域のフレーム間対応結果Qはラベル画像書換え部26に送られ、ラベル画像書換え部26ではQに従い格納部21bのラベル画像F bのラベルl領域を、F a中で対応するラベルkで書き換えてラベル画像F b'として作成する。

ラベル画像F b'の作成が終了したのちに輪郭線対応制御部3が起動する。輪郭線対応制御部3は、輪郭線情報抽出部4、粗対応処理部5、細分化処理部6を操作して、格納部21aと格納部21bに格納されたF aとF b'中の同一ラベルを持つ領域の輪郭線のフレーム間対応を制御する。輪郭線対応制御部3は起動すると、格納部21aと格納部21bを走査して同一のラベルk (k = 1, \dots, K l) が付加された領域をそれぞれ抽出し、抽

出結果画像であるF ak、F bkを輪郭線情報抽出部4に送り、輪郭線情報抽出部4、粗対応処理部5、細分化処理部6の順に起動する。細分化処理部6が終了したのち輪郭線対応制御部3は処理結果を外部に出力し、未処理のラベル領域について処理を行い、未処理のラベル領域がなくなったとき本装置の処理が終了する。

本実施例は領域特徴として、上記の6種類を用いてラベルk領域とラベルl領域間の類似度を計算する。R (k, l)の値は(0, 1)の実数値をとり、2領域の領域特徴の差が小さいほど1に近い値をとるように設定されている。

計算された類似度の値は、領域対応処理部25に送られる。領域対応処理部25では、R (k, l)を基にして次の評価関数Fを最大化するようにラベルl領域に対応するラベルk領域を選択する。ラベルl領域とラベルk領域の対応は(k, l)の順序対で表現され、全対応は順序対の集合Qで

出結果画像であるF ak、F bkを輪郭線情報抽出部4に送り、輪郭線情報抽出部4、粗対応処理部5、細分化処理部6の順に起動する。細分化処理部6が終了したのち輪郭線対応制御部3は処理結果を外部に出力し、未処理のラベル領域について処理を行い、未処理のラベル領域がなくなったとき本装置の処理が終了する。

第6図は輪郭線情報抽出部4の詳細構造を示し、画像格納部41、輪郭線座標抽出部42から構成される。抽出結果画像F ak、F bkは画像格納部41中の格納部41a、格納部41bにそれぞれ格納される。輪郭線座標抽出部42は、まずF ak (F bk)のラベル領域の輪郭線を走査して最大曲率となる輪郭線上の点を抽出する。最大曲率の点は、第7図(a)に示すようにその点とその点から一定の画素数だけ輪郭線上を移動した位置に存在する2点を結んだ線分が成す角度が最大になる点として定義する。輪郭線座標値の抽出は、最大曲率の点を初期位置として、第7図(b)に示すように領域を走査方向に対して左に見えるように輪郭線上を走査し、そのX、

V座標値を記録することで行われる。Fak(Fbk) のラベル領域上で v_{ak} (v_{bk}) 番目に抽出された X, Y座標値を、それぞれ $X_{ak}(v_{ak})$, $Y_{ak}(v_{ak})$ ($X_{bk}(v_{bk})$, $Y_{bk}(v_{bk})$) と記述する。但し $0 \leq v_{ak} < V_{ak}$ ($0 \leq v_{bk} < V_{bk}$) であり、 $v_{ak} = 0$ ($v_{bk} = 0$) は初期位置を表し、 V_{ak} (V_{bk}) は Fak(Fbk) 中のラベル領域の周回長(輪郭をなす画素の個数)である。輪郭線の X, Y座標値は相対処理部5に送られる。第8図は相対処理部5の詳細構成を示し、多角形近似部51、近似線分仮対応部52、未対応区間対応部53により構成される。多角形近似部51は Fakと Fbkの輪郭線情報を基にして、分割法により輪郭線と近似線分の最大距離が閾値 d_p 以下になるように輪郭線の多角形近似を行う。本実施例では、 d_p の値を20画素に設定する。Fakと Fbkの多角形近似の処理結果の近似線分情報は、それぞれ順序対 Takと Tbkに次のように記録される。

$$Tak[i] = (v_{ak}, [i], v_{ak}, [i])$$

$$Tbk[j] = (v_{bk}, [j], v_{bk}, [j])$$

$$S(i, j) = \frac{1}{\prod_{m=1}^5 \{1 + \exp(-\Delta m(i, j))\}} \in \{0, 1\} \dots (4)$$

$$\Delta m(i, j) = \{ \delta_m(i, j) - \overline{\delta_m} \} / \sigma_m$$

$$\sigma_m = \delta d_m(i, j) \text{の分散値}$$

$$\overline{\delta_m} = \delta_m(i, j) \text{の平均値}$$

$$\delta_1(i, j) = \text{中点座標間ユークリッド距離}$$

$$\delta_2(i, j) = \text{傾き角の差}$$

$$\delta_3(i, j) = \text{線分長さ差}$$

$$\delta_4(i, j) = \text{始点位置で接する近似線分との傾き角の差}$$

$$\delta_5(i, j) = \text{終点位置で接する近似線分との傾き角の差}$$

(「和」、「差」は共に、近似線分 i と近似線分 j の線分特徴間の演算である。)

$S(i, j)$ は、全ての近似線分 i と近似線分 j の組み合わせについて計算され、対応処理部524に送られる。対応処理部524は $S(i, j)$ を基にして、次式の評価関数 E を最大化する様な (i, j) の組み合わせを選択する。

$$\dots (3)$$

但し $v_{ak}, [i]$ と $v_{ak}, [i]$ は Fak 中の近似線分 i ($1 \leq i \leq I$) の始点と終点の v_{ak} の値であり、 $v_{bk}, [j]$ と $v_{bk}, [j]$ は Fbk 中の近似線分 j ($1 \leq j \leq J$) の始点と終点の v_{bk} の値を表している。

第9図は近似線分仮対応部52の詳細構成を示し、線分特徴抽出部521、線分特徴格納部522、類似度作成部523、対応処理部524から構成される。線分特徴抽出部521は近似線分情報と輪郭線座標値を基にして線分特徴量を抽出し、抽出結果を線分特徴格納部522に格納する。線分特徴量としては、近似線分の中点座標、傾き角(始点から終点方向へのベクトルの X 軸に対する傾き角)、線分長さ、隣接する近似線分との成す角度(始点位置で隣接する場合と終点位置で隣接する場合の2種類の計5種類)である。類似度作成部523は線分特徴格納部522を参照して、Fak 中の近似線分 i と Fbk 中の近似線分 j の類似度 $S(i, j)$ を次式により計算する。

$$E = \sum_{j=1}^{Jt} S(i, j) \dots (5)$$

求められた (i, j) の組み合わせは、Fakと Fbk間の近似線分の対応結果として Pk に格納される。

$$Pk = \{ (i, j) \mid j = 1, \dots, Jt \}$$

$$i \text{ は } j \text{ に対応する Fak 中の近似線分} \dots (6)$$

対応結果 Pk の要素が全て選択されたのち、Pk は未対応区間対応部53に送信される。

未対応区間対応部53は、誤対応の可能性を減少させるため類似度の閾値 S_t を用いて類似度の高い対応だけに対応結果を絞り込む。

$$Pk \leftarrow \{ (i, j) \mid S(i, j) > S_t \}$$

$$(i, j) \in Pk \dots (7)$$

次に、未対応区間対応部53は第10図(a)に示すように、この絞り込み処理によって対応に関与しなくなった近似線分を Fbk 中の領域から抽出し、未対応の近似線分の端点によって区切られた輪郭線区間のうち隣接する区間同士を統合してゆく。統合した区間は、区間の始点と終点の v_{bk} の値であ

る u_{bks} と u_{aks} を用いて区間 $[u_{bks}, u_{aks}]$ と表すものとする。線分 (u_{bks}, u_{aks}) と隣接する近似線分 $j b$ と $j a$ はそれぞれ P_k 中に対応する近似線分 $i b$ と $i a$ を持つ。

$(i b, j b) \in P_k, (i a, j a) \in P_k \dots (8)$
但し $v_{aks}[j b] = u_{aks}, v_{aks}[j a] = u_{aks}$ 。
 P_k 中領域の輪郭線区間 $(v_{aks}[j b], v_{aks}[j a])$ は、 F_{bk} の領域中の区間 (u_{bks}, u_{aks}) と対応する区間であり、かつその輪郭線区間は幾つかの近似線分で近似されている。いま、第10図(a)に示すようにこの P_k 中領域の輪郭線区間が N 個の近似線分で近似されているものとし、領域を左に見て $v_{aks}[i b]$ から輪郭線をトレースしたときの順にこの近似線分を、 $i f_1, i f_2, \dots, i f_n, \dots, i f_N$ とする。 $i f_n$ に対応する F_{bk} 中領域の近似線分として $j f_n (n=1, \dots, N)$ を設定し、この対応 $(i f_n, j f_n)$ を P_k に登録する。

$P_k \leftarrow P_k \cup \{(i f_n, j f_n) \mid n=1, \dots, N\}$
.....(9)

近似線分 $j f_n$ の端点の始点と終点の v_{bk} 値である

$\delta f_2(i f_n, j f_n) = | \text{傾き角の差} |$
 $\delta f_3(i f_n, j f_n) = | \text{線分長さ差} |$
 $\delta f_4(i f_n, j f_n) = | \text{始点位置で隣接線分と成す角度の差} |$
 $\delta f_5(i f_n, j f_n) = | \text{終点位置で隣接線分と成す角度の差} |$

(「和」、「差」は共に、近似線分 $i f_n$ と近似線分 $j f_n$ の線分特徴量の演算である。 $\overline{\delta_m}$ と σ_m は式(4)で計算した値を用いる。)

$S f(i f_n, j f_n)$ を用いると、評価関数 $E f$ は次式で表される。

$$E f = \sum_{n=1}^N S f(i f_n, j f_n) \dots (10)$$

この $E f$ を最大にするように、 $v_{aks}[j f_n] (= v_{aks}[j f(n+1)], 2 \leq n < N)$ の値を $[v_{aks}[j f(n-1)], v_{aks}[j f(n+1)]]$ の輪郭線区間内で移動させる。 $v_{aks}[j f_n] (= v_{aks}[j f(n+1)], 2 \leq n < N)$ の確定値は、近似線分情報として順序対 T_{bk} に次のように追加記録される。

$$(u_{aks}, v_{aks}[j f_n]); n=1$$

$v_{aks}[j f_n]$ と $v_{aks}[j f_n]$ は、対応の登録が終了したのちに決定される。 $j f_n$ の端点の決定は、 $j f_n$ の端点の初期位置を与えて $j f_n$ の線分特徴量を抽出し、この線分特徴量を用いて $i f_n$ と $j f_n$ の類似度 $S f(i f_n, j f_n)$ を計算し、評価関数 $E f$ を大きくする方向に $j f_n$ の端点を輪郭線うえで動かすことで行われる。 $j f_n$ の端点の初期位置は、輪郭線区間 $(v_{aks}[i b], v_{aks}[i a])$ における輪郭線区間 $(v_{aks}[i f_n], v_{aks}[i f_n])$ の占める輪郭線長の比率と、輪郭線区間 $[u_{aks}, u_{aks}]$ における輪郭線区間 $(v_{aks}[i f_n], v_{aks}[j f_n])$ の占める輪郭線長の比率が等しくなるように決定される。これを第10図(b)に示す。このとき、類似度 $S f(i f_n, j f_n)$ は次式で与えられる。

$$S f(i f_n, j f_n) = \prod_{m=1}^5 \frac{1}{1 + \exp\{\Delta d_m(i, j)\}} \in [0, 1] \dots (11)$$

$$\Delta f_m(i f_n, j f_n) = \{\delta f_m(i f_n, j f_n) - \overline{\delta_m}\} / \sigma_m$$

$$\delta f_1(i f_n, j f_n) = \text{中点座標間ユークリッド距離}$$

$$T_{bk}[j f_n] = (v_{aks}[j f(n-1)], v_{aks}[j f_n])$$

$$; 2 \leq n < N$$

$$(v_{aks}[j f(N-1)], u_{aks}); n=N$$

..... (12)

全ての F_{bk} 中領域の未対応輪郭線区間について以上の処理が終了したのち、未対応区間対応部53が終了し、 $P_k, T_{ak}, T_{bk}, v_{aks}, v_{aks}, v_{aks}, v_{aks}, X_{ak}, Y_{ak}, X_{bk}, Y_{bk}$ を細分化処理部6に送信したのち相対応処理部5が終了する。

第11図は細分化処理部6の詳細を示し、処理制御部61、輪郭線分割部62、分割位置決定部63から構成される。処理制御部61は、 P_k から近似線分の対応関係を表す任意の順序対 $(i, j) (\in P_k)$ を取り出す。 P_k 中の近似線分 i と近似線分 j の端点により区切られる区間の輪郭線との最大距離を計算し、最大距離 d が閾値 d_f より大きい時に処理制御部61は順序対 (i, j) を輪郭線分割部62に送る。 d が d_f より小さい時は P_k から他の順序対を取り出し同様の処理を行う。 d_f は多角形近似部51で用いた閾値 d_p と比較して十分小さく設定され、本実

施例では3番案の値をとる。処理制御部61は、輪郭線分割部62と分割位置決定部63の処理が終了すると同様の判定処理を繰り返し、P_k中の全ての要素についてdがd_fより小さくなった時に処理を終了する。

輪郭線分割部62は第12図に示すように順序対(i, j)を受け取ると、F_{ak}中の近似線分iとF_{bk}中の近似線分jをそれぞれ2つに分割する。まず、近似線分jを最大距離dが得られた輪郭線上の点(v_{ak} = v_{ak})を端点とする2つの近似線分j₁とj₂に分割し、P_{ak}の近似線分情報として順序対Takに次のように追加記録する。

近似線分j₁: Tak[i₁] = (v_{ak}, i₁, v_{ak})
 近似線分j₂: Tak[i₂] = (v_{ak}, v_{ak}, i₂)

..... 03

次に、近似線分i₁とi₂に対応するF_{ak}中の近似線分をそれぞれj₁とj₂として、P_kに対し次式の操作を加えたのち分割位置決定部63を起動する。

$P_k \leftarrow P \setminus \{(i, j)\} \cup \{(i_1, j_1), (i_2, j_2)\}$

但し、j₁は始点位置をv_{ak}, i₁、終点位置をv_{ak}とする線分で、j₂は始点位置をv_{ak}、終点位置をv_{ak}, i₂とする線分である。δ₁とδ₂はv_{ak}が輪郭線区間[v_{ak}, i₁], v_{ak}, i₂上全体を移動する時のδ_{d1}とδ_{d2}の平均値で、σ₁とσ₂はδ_{d1}とδ_{d2}の分散値である。S_dを最大化するv_{ak}は、近似線分j₁の終点位置と近似線分j₂の始点位置の確定値であり、この値を用いてj₁とj₂の近似線分情報がThkに記録される。

近似線分j₁: Thk[j₁] = (v_{ak}, i₁, v_{ak})
 近似線分j₂: Thk[j₂] = (v_{ak}, v_{ak}, i₂)

..... 04

Thkの登録が終了したのち分割位置決定部63の処理が終了する。

以上の処理で得られたP_kは、ラベルk領域の輪郭線の近似線分の対応関係を記述しているが、近似線分の始点、終点により区切られた輪郭線区間に対して近似線分と同じ記号を付加するとP_kは輪郭線区間対応も同時に表していることになる。その結果、ラベルk領域の輪郭線区間対応情報は

但し、近似線分j₁は始点が近似線分jの始点位置v_{ak}, i₁と、近似線分j₂は終点がjの終点位置v_{ak}, i₂と一致する線分である。また、近似線分j₁の終点位置と近似線分j₂の始点位置(v_{ak} = v_{ak})は一致しており、近似線分jの始点、終点により区切られる輪郭線上に存在する。

分割位置決定部63は、まず、近似線分j₁とj₂の線分特徴としてX軸との傾き角と線分長を抽出する。次に、次式のS_dを最大化するv_{ak}を決定する。

$$S_d = \prod_{n=1}^2 \frac{1}{1 + \exp(\Delta d_n)} \in [0, 1] \quad \text{..... 04}$$

$$\Delta d_1 = (\delta d_1 - \overline{\delta d_1}) / \sigma_1$$

$$\Delta d_2 = (\delta d_2 - \overline{\delta d_2}) / \sigma_2$$

$$\delta d_1 = |i_1 \text{ と } j_1 \text{ の傾き角の差}| + |i_2 \text{ と } j_2 \text{ の傾き角の差}|$$

$$\delta d_2 = |i_1 \text{ と } j_1 \text{ の線分長差}| + |i_2 \text{ と } j_2 \text{ の線分長差}|$$

次のように記述される。

輪郭線区間対応: P_k = { (i, j) | ラベル画像F_a中の輪郭線区間名, ラベル画像F_b中の輪郭線区間名 }

輪郭線区間情報: 区間i: Dak[i] = { v_{ak}, i₁, v_{ak}, i₂ }
 : 区間j: Dbk[j] = { v_{ak}, j₁, v_{ak}, j₂ }

区間i開始位置: X座標: Xak[v_{ak}, i₁]
 : Y座標: Yak[v_{ak}, i₁]

区間i終了位置: X座標: Xak[v_{ak}, i₂]
 : Y座標: Yak[v_{ak}, i₂]

区間j開始位置: X座標: Xbk[v_{ak}, j₁]
 : Y座標: Ybk[v_{ak}, j₁]

区間j終了位置: X座標: Xbk[v_{ak}, j₂]
 : Y座標: Ybk[v_{ak}, j₂]

本装置の出力はこれらの情報を記述するのに必要な、P_k, Dak, Dbk, Xak, Yak, Xbk, Ybk(k = 1, ..., K)であり、各ラベル領域について細分化処理部6が終了する度に輪郭線対応制御部3

によって外部に出力される。装置外部で、これらの出力は記録装置に保存するなどして適宜利用される。

(発明の効果)

以上説明したように本発明では、時系列画像の連続する2フレーム中の閉領域を表示する輪郭線区間の対応処理を行うために、まず大まかな輪郭線区間について対応処理を行い、対応が不確かな部分については対応関係を確かにするように輪郭線区間の分割をやり直す。この処理により、2フレーム間の輪郭線上で互に対応する区間を持たないような輪郭線区間は存在しなくなる。また、大まかな輪郭線区間の対応処理が終了した後、輪郭線区間の分割と対応付けを繰り返し行い、より細かい区間の対応を抽出する。大まかな輪郭線区間の対応から段階的に細かい輪郭線区間の対応へと処理を行うため、輪郭線の局所的な変形に強い輪郭線対応が可能となり、誤対応の少ない輪郭線区間の対応処理が可能になる。

4. 図面の簡単な説明

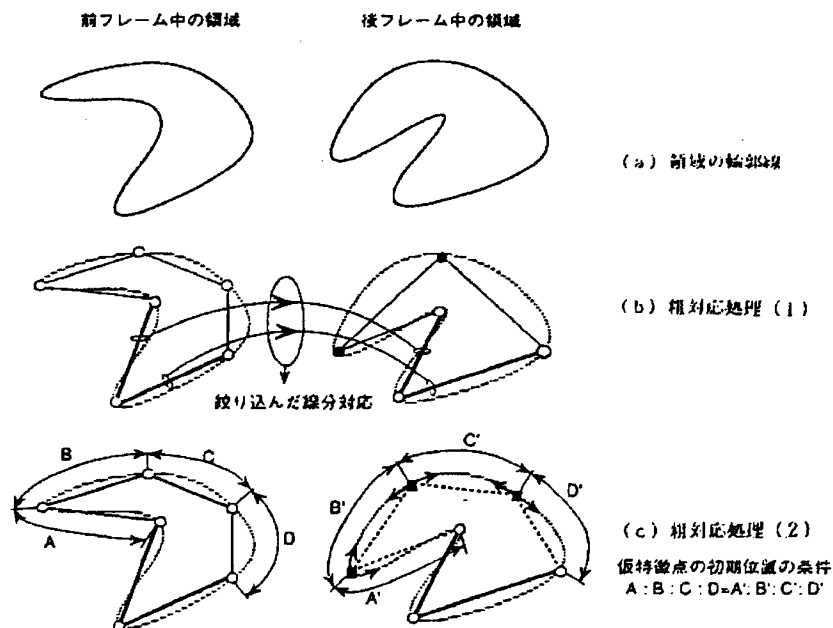
第1A図、第1B図は本発明の方法の原理を説明する図、第2図は本発明の装置の原理を説明する図、第3図は分割法の説明図、第4図は従来技術の問題点を説明する図、第5図はフレーム間領域対応部の詳細構成図、第6図は輪郭線情報抽出部とその周辺の構成を示す図、第7図は輪郭線座標値の抽出を説明する図、第8図は粗対応処理部の詳細構成図、第9図は近似線分仮対応部の詳細構成図、第10図は未対応区間の対応処理説明図、第11図は細分化処理部とその周辺の構成を示す図、第12図は細分化処理説明図である。

図において、

- 1…画像入力部、
- 2…フレーム間領域対応部、
- 3…輪郭線対応制御部、
- 4…輪郭線情報抽出部、
- 5…粗対応処理部、
- 6…細分化処理部。

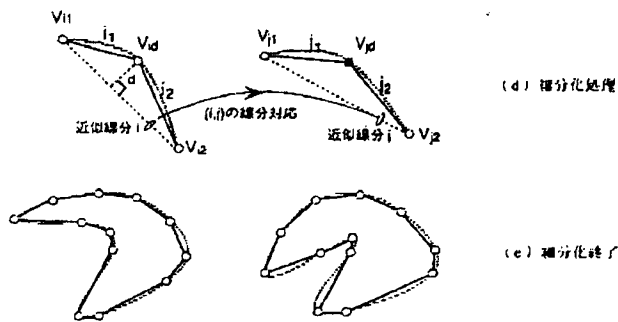
特許出願人 富士通株式会社

代理人弁理士 井 桁 貞 一 (ほか2名)

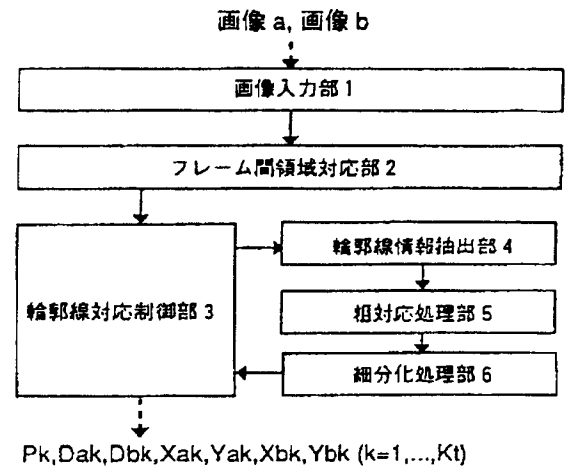


発明の原理図 - 1

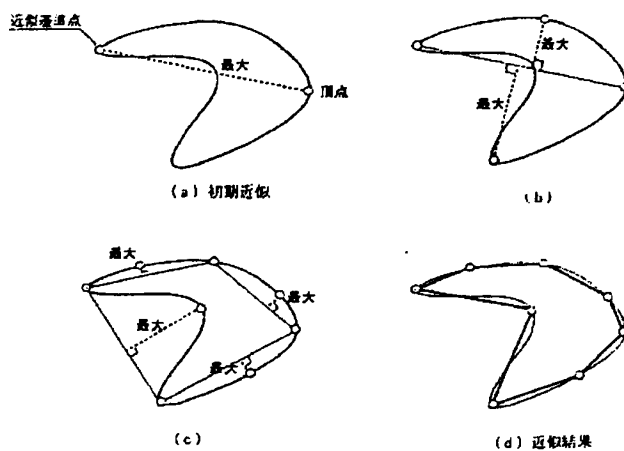
第 1 A 図



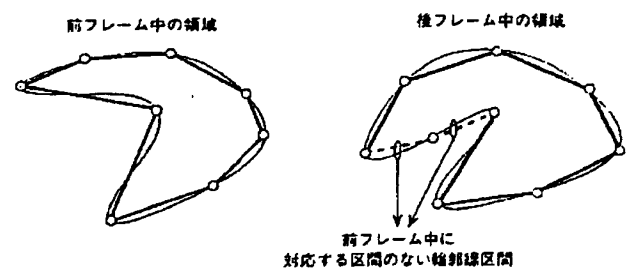
発明の原理図-1
図1 図2



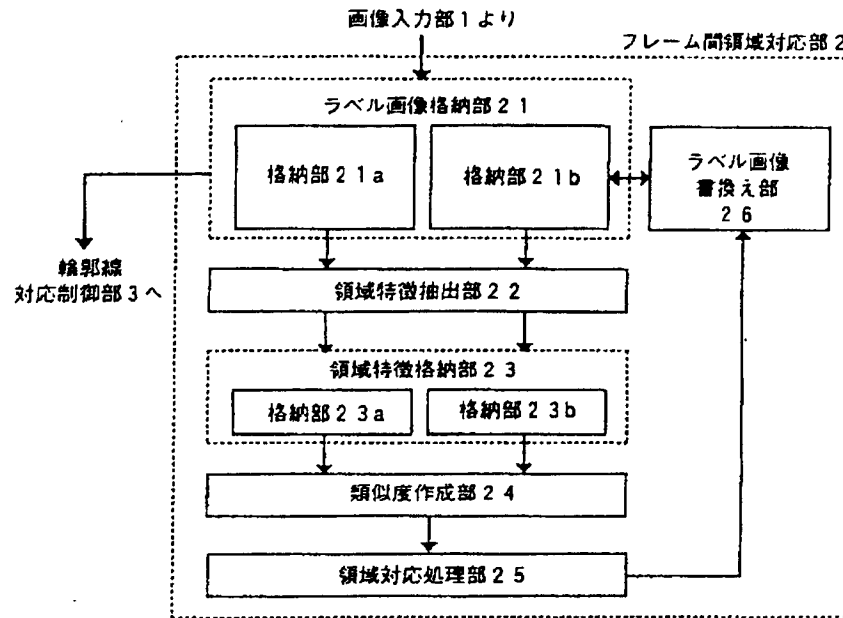
発明の原理図-2
図2 図3



分割法説明図
図3 図4

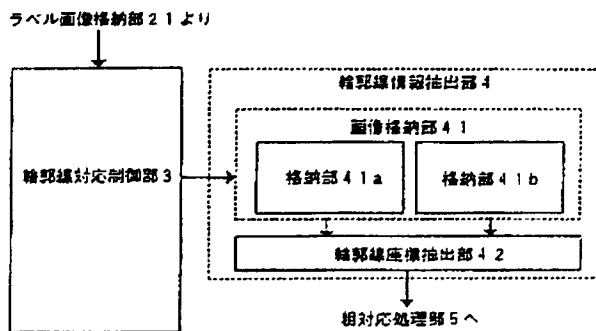


従来技術の問題点
図4 図5



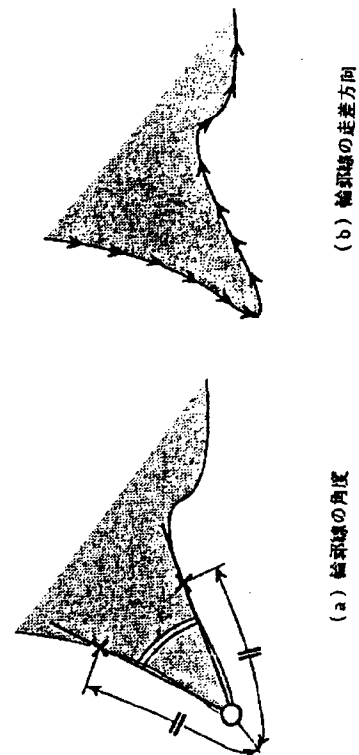
フレーム間領域対応部 2

第 5 図



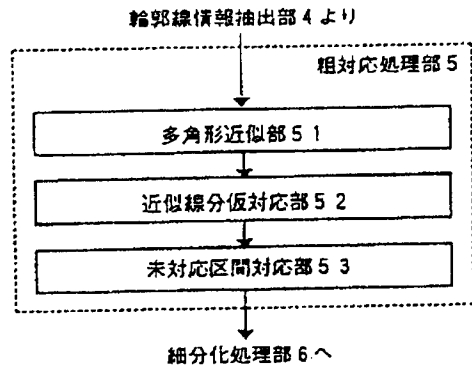
輪郭線情報抽出部 4 周辺

第 6 図

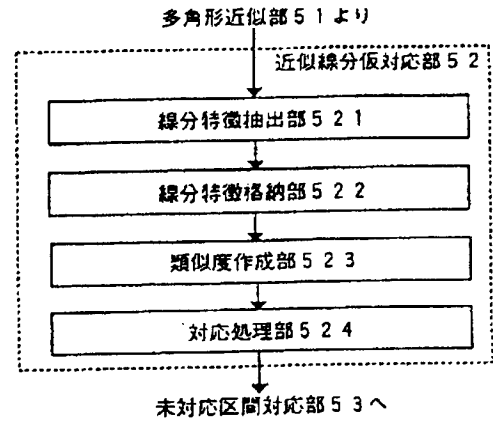


輪郭線情報抽出部 4 周辺

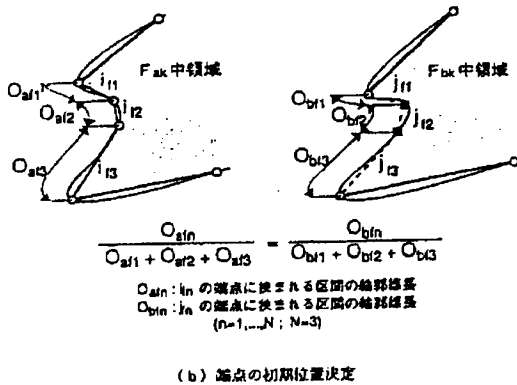
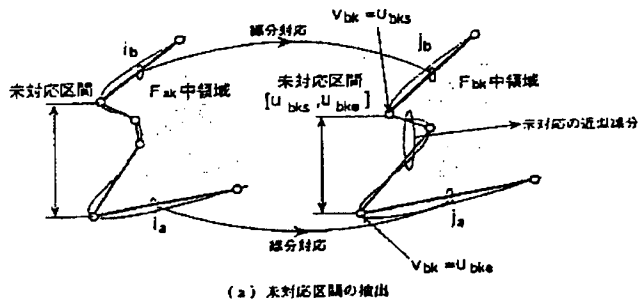
第 7 図



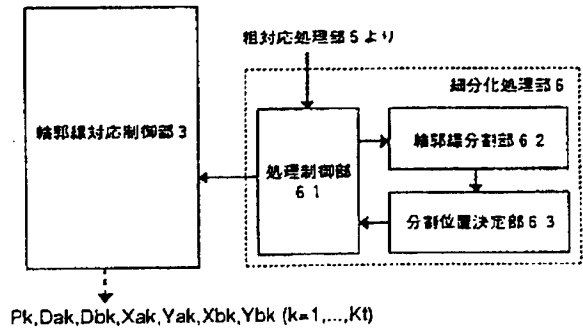
相対応処理部5
図8



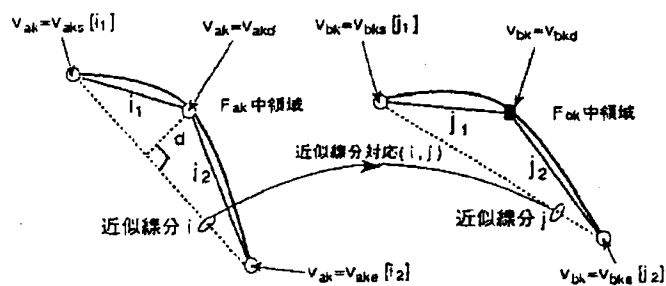
近似線分仮対応部5 2
図9



未対応区間の対応処理
図10



細分化処理部6周辺
図11



線分化処理
図 12